

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-343911

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F 1

F 0 2 D 41/34

F 0 2 D 41/34

H

41/02

3 2 5

41/02

3 2 5 A

3 2 5 F

41/04

3 3 5

41/04

3 3 5 C

41/14

3 1 0

41/14

3 1 0 H

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平11-40648

(22) 出願日 平成11年(1999) 2月18日

(31) 優先権主張番号 特願平10-87663

(32) 優先日 平10(1998) 3月31日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 関宮 清孝

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ

株式会社内

(72) 発明者 今田 道宏

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ

株式会社内

(72) 発明者 山内 健生

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ

株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小谷 悦司 (外2名)

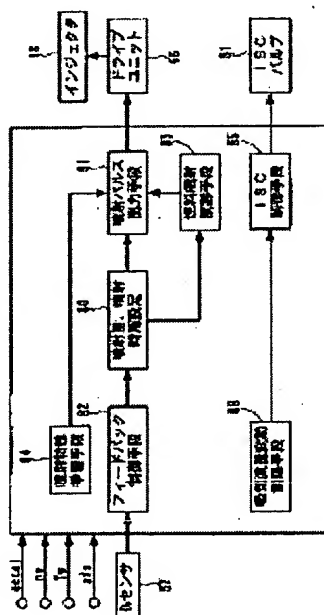
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式エンジンの燃料制御装置

(57) 【要約】

【課題】 筒内噴射式エンジンにおいて、低負荷域での燃焼燃焼時の燃料噴射量に相当するような微小噴射量域での噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を正確に把握して、その対応関係のばらつきに応じた学習補正を精度良く行う。

【解決手段】 O<sub>2</sub>センサ57の出力に応じて燃料噴射量をフィードバック制御するフィードバック制御手段82と、燃料噴射制御手段83と、噴射特性学習手段84とを備える。上記燃料噴射制御手段83は、理論空燃比もしくは略理論空燃比とするように燃料噴射量のフィードバック制御が行われる特定運転時に、インジェクタ18からの燃料噴射を吸気行程で分割して行わせる。また、上記噴射特性学習手段84は、そのときの上記フィードバック制御による制御量に基づき、分割された燃料噴射の1回分に相当する噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を学習して学習補正値を求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃焼室に直接燃料を噴射するインジェクタと、燃料噴射量及び噴射時期を演算するとともに燃料噴射量を噴射パルス幅に換算し、上記インジェクタに対して噴射パルス信号を出力してこの噴射パルス幅に応じた時間だけインジェクタを駆動する手段とを備え、低負荷側の所定運転領域にあるときに上記インジェクタから圧縮行程で燃料を噴射させることにより点火プラグまわりに混合気を成層化させ、かつ、空燃比を理論空燃比よりもリーンに設定する成層リーン運転を行うようにした筒内噴射式エンジンにおいて、排気通路に設けられたO2センサによる空燃比の検出に応じて燃料噴射量をフィードバック制御するフィードバック制御手段と、エンジン低負荷域において空燃比が理論空燃比もしくは略理論空燃比となるように上記フィードバック制御が行われる特定運転時に、上記インジェクタからの燃料噴射を吸気行程で複数回に分割して行わせる燃料噴射制御手段と、この燃料噴射制御手段により吸気行程で燃料の分割噴射が行われているときの上記フィードバック制御による制御量に基づき、分割された燃料噴射の1回分に相当する噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を学習して学習補正値を求める噴射特性学習手段とを備え、この噴射特性学習手段により求められた学習補正値が、成層リーン運転が行われる所定運転領域内の微小燃料噴射量領域での燃料噴射量の制御に反映されるようにしたことを特徴とする筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項2】 エンジンの低負荷域においてエンジン温度が第2の設定温度に昇温したエンジン暖機時点から混合気が成層化されて空燃比が理論空燃比よりもリーンとされ、第2の設定温度よりも低い第1の設定温度に昇温したエンジン半暖機状態では空燃比が理論空燃比とされるようにインジェクタからの燃料噴射が制御されるものにおいて、上記暖機前の半暖機状態にあるときに、フィードバック制御手段によるフィードバック制御が行われるとともに、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習が行われるようにしたことを特徴とする請求項1記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項3】 燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料噴射の分割は2分割とし、目標燃料噴射量の1/2ずつの分割比とすることを特徴とする請求項1または2に記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項4】 燃料噴射制御手段による吸気行程での分割噴射の各噴射タイミングを、先の噴射と後の噴射との中間点が吸気行程の中間より早い時期となるように設定したことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項5】 無負荷低回転域において、O2センサの出力に応じたフィードバック制御手段によるフィードバック制御、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の

分割噴射及び噴射特性学習手段による学習が行われるときに、上記分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるように吸気行程での分割噴射の制御を行うとともに、この無負荷低回転域での制御時にエンジン回転数の上昇を抑制して低回転を維持する回転数低減手段を設けたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項6】 無負荷低回転域において、O2センサの出力に応じたフィードバック制御手段によるフィードバック制御、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射及び噴射特性学習手段による学習が行われるときに、上記分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるような燃料噴射量に対応した吸入空気量を確保する吸入空気量調整手段を備えたことを特徴とする請求項5記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項7】 上記回転数低減手段は、点火時期をリタードさせるものであることを特徴とする請求項5または6記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項8】 アイドル運転時に吸気流量を調節することによりアイドル回転数を制御するアイドル回転数制御手段を備えるとともに、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習がアイドル運転状態で行われるときに、アイドル回転数制御による吸気流量の変動を制限する吸気流量変動制限手段を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項9】 吸気流量変動制限手段は、吸気流量を最大外部負荷印加時の必要流量に固定するとともに、点火時期のコントロールによりアイドル回転数の制御を行うことを特徴とする請求項8記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項10】 吸気流量変動制限手段は、アイドル回転数フィードバック制御において設定する回転数変動の不感帯を、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習が行われているときはそれ以外のときと比べて大きくすることを特徴とする請求項8または9記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項11】 多気筒エンジンにおいて、フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習を1気筒毎に順次行うようにしたことを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項12】 多気筒エンジンにおいて、排気マニフォールドの集合部ないしこの集合部の下流にO2センサを設け、フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、上記O2センサにより、各気筒毎に排気ガス

がO2センサ設置部を通過する時期に対応する所定タイミングで空燃比を検出し、その空燃比検出信号に応じてそれぞれの気筒に対する燃料噴射量をフィードバック制御するとともに、その各気筒の制御量に基づいて気筒別に学習補正値を求めるようにしたことを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項13】 フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、全気筒についての制御量の平均値に基づいて学習補正値を求める全体学習を行い、その学習値を各気筒の燃料噴射量の設定に反映させた上で、気筒別の空燃比検出信号に応じたフィードバック制御による各気筒の制御量に基づいて気筒別の学習補正値を求めるようにしたことを特徴とする請求項12記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項14】 気筒毎に上記所定タイミングでのO2センサ出力値を理論空燃比時点のO2センサ出力値と比較し、その相違が大きい気筒から順に学習を行うように気筒別学習の順序を定め、1つの気筒について上記O2センサ出力値に応じたフィードバック制御に基づいて学習値を求める処理を、上記順序に従って1気筒ずつ行うことを特徴とする請求項12または13に記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【請求項15】 同一噴射量域で吸気行程における一括噴射と分割噴射のそれぞれの学習を行うようにしたことを特徴とする請求項1乃至14のいずれかに記載の筒内噴射式エンジンの燃料制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、筒内噴射式エンジンの燃料制御装置に関し、とくにインジェクタの噴射時間を決める噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係について学習するようにした装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来から、燃焼室内に直接燃料を噴射するインジェクタを設け、低回転低負荷等の特定運転領域では圧縮行程でインジェクタから燃料を噴射させることにより点火ラグ付近に可燃混合気を備在させて成層燃焼を行なわせ、燃費改善を図るようにした筒内噴射式エンジンは知られている。

【0003】 この種のエンジンにおいて、上記インジェクタは制御手段から出力される噴射パルス信号（燃料噴射制御用の信号）に応じて駆動され、上記制御手段は、燃料噴射量及び噴射時期を演算するとともに燃料噴射量を噴射パルス幅に換算し、上記インジェクタに対して噴射パルス信号を出力してその噴射パルス幅に応じた時間だけインジェクタを駆動する。この場合、予め上記燃料噴射量と噴射パルス幅との対応関係に応じて両者の間の変換係数が定められている。また、インジェクタの個体差等を是正すべく、燃料噴射の制御状況などに応じ、上

記変換係数を補正することも従来から考えられている。

【0004】 ところで、上記インジェクタの特性としては、図12に示すように、燃料噴射量可変範囲のうちの大部分の領域Aで噴射パルス幅と燃料噴射量とが比例的な一定の対応関係を有するが、噴射量が少ない領域Bでは、開弁期間に対する弁リフト途中期間の割合が大きくなることなどに起因して、上記大部分の領域Aとは特性が変化する（以下、この領域Bを特異特性領域と呼ぶ）。しかも、図13に示すように噴射量が小さくなる程インジェクタの個体差による特性のばらつきが大きくなり、従って、上記特異特性領域Bでは、領域Aと比べて特性が変化するだけでなく個体差によるばらつきも大きくなる。

【0005】 とくに上記筒内噴射式エンジンでは、噴射可能期間が短くて、運転状態に応じた要求量の燃料を極めて短い時間に噴射しなければならぬ場合があることから、噴射率（噴射量／噴射時間）が比較的大きいインジェクタを用いる必要があって、このようなインジェクタでは上記特異特性領域Bを極端に小さくすることは困難であり、しかも、圧縮行程噴射により成層燃焼を行って空燃比をリーン化すると燃効率が高められて燃料噴射量を少なくし得ることから、アイドル等の低負荷域での成層燃焼時には燃料噴射量が上記特異特性領域B内となる程度に減少する。

【0006】 従って、大部分の領域Aでの対応関係に応じて定められた変換係数を用いて燃料噴射量と噴射パルス幅との換算を行うだけでは、燃料噴射量が上記特異特性領域B内となる低負荷域での成層燃焼時に燃料噴射量の制御精度が悪化する。

【0007】 この対策としては、例えば特開平6-214999号公報に示された装置があり、この装置では、サージ運転領域（上記特異特性領域Bに相当する領域）と、燃料噴射量と開弁期間とが比例する領域（上記領域A）とで、異なる変換係数を用いるようにし、上記サージ運転領域で用いる変換係数を、この領域での運転中に各気筒の発生トルクが等しくなるように補正している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 上記公報に示された装置では、サージ運転領域で、各気筒の発生トルクを検出し、各気筒の発生トルクが等しくなるように上記変換係数を補正することにより、気筒間の相対的なトルクのバラツキは調整されるようになっているが、必ずしも絶対的な燃料噴射量の誤差が解消されるものではない。しかも、このような変換係数の補正は燃料噴射量が上記特異特性領域B内となるような運転状態のときに行う必要があるので、圧縮行程噴射による成層燃焼時に行われることとなるが、圧縮行程では噴射時期のわずかなずれで筒内圧力（ひいては燃圧との圧力差）が大きく変化して、燃料噴射量に影響するため、変換係数の補正を精度良く行うことが難しい。

【0009】この他に変換係数の補正の方法としては、 $O_2$ センサによる空燃比の検出に応じて空燃比を理論空燃比に保つように燃料噴射量をフィードバック制御しているフィードバック制御運転時に、その空燃比フィードバック補正值(Cfb)の変動を調べ、それに応じて上記変換係数の学習補正を行うことが考えられる。しかし、理論空燃比では上記の成層燃焼によるリーン運転状態と比べて熱効率が悪いので、同じトルクを得るためにはリーン運転時より理論空燃比運転時の方が燃料噴射量が多くなる。従って、学習補正が行われる噴射量域(図12中のa)が成層燃焼時における上記特異特性領域B内の噴射量域(図12中のb)とが異なってしまう、正確な学習補正を行うことができない。

【0010】本発明はこのような事情に鑑み、筒内噴射式エンジンにおいて、低負荷域での成層燃焼時の燃料噴射量に相当するような微小噴射量域での噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を正確に把握して、その対応関係のばらつきに応じた学習補正を精度良く行うことができる燃料制御装置を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、燃焼室に直接燃料を噴射するインジェクタと、燃料噴射量及び噴射時期を演算するとともに燃料噴射量を噴射パルス幅に換算し、上記インジェクタに対して噴射パルス信号を出力してこの噴射パルス幅に応じた時間だけインジェクタを駆動する手段とを備え、低負荷側の所定運転領域にあるときに上記インジェクタから圧縮行程で燃料を噴射させることにより点火プラグまわりに混合気を成層化させ、かつ、この運転領域で空燃比を理論空燃比よりもリーンに設定するようにした筒内噴射式エンジンにおいて、排気通路に設けられた $O_2$ センサによる空燃比の検出に応じて燃料噴射量をフィードバック制御するフィードバック制御手段と、エンジン低負荷域において空燃比が理論空燃比もしくは略理論空燃比となるように上記フィードバック制御が行われる特定運転時に、上記インジェクタからの燃料噴射を吸気行程で複数回に分割して行わせる燃料噴射制御手段と、この燃料噴射制御手段により吸気行程での燃料の分割噴射が行われているときの上記フィードバック制御による制御量に基づき、分割された燃料噴射の1回分に相当する噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を学習して学習補正值を求める噴射特性学習手段とを備え、この噴射特性学習手段により求められた学習補正值が、混合気の成層化が行われる所定運転領域内の微小燃料噴射量領域での燃料噴射量の制御に反映されるようにしたものである。

【0012】この装置によると、理論空燃比もしくは略理論空燃比で上記フィードバック制御が行われているときにインジェクタの噴射特性のばらつきを是正するための学習が行われ、この場合、成層燃焼によるリーン運転時よりも熱効率が悪いことから上記リーン運転時と比べ

て燃料噴射量は大きくなるが、燃料噴射が吸気行程で分割して行われることにより、その分割された1回の噴射パルスに対応する噴射量は微小な噴射量域となる。従って、微小な噴射量域での学習補正值が理論空燃比もしくは略理論空燃比でのフィードバック制御に基づいて精度良く求められる。

【0013】そして、その学習補正值が、その後の成層燃焼運転時等における燃料噴射量の制御に反映される。

【0014】この発明において、エンジンの低負荷域においてエンジン温度が第2の設定温度に昇温したエンジン暖機時点から混合気が成層化されて空燃比が理論空燃比よりリーンとされ、第2の設定温度よりも低い第1の設定温度に昇温したエンジン半暖機状態では空燃比が理論空燃比とされるようにインジェクタからの燃料噴射が制御されるものにおいて、上記暖機前の半暖機状態にあるときに、フィードバック制御手段によるフィードバック制御が行われるとともに、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習が行われるようにすればよい。

【0015】このようにすればエンジン始動直後の半暖機状態で燃料噴射特性の学習が行われ、暖機後の成層燃焼運転時の燃料噴射量の制御に反映される。

【0016】上記燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料噴射の分割は2分割とし、目標燃料噴射量の $1/2$ ずつの分割比とすることが好ましく、このようにすると演算が簡単で、しかも精度良く学習補正值が求められる。

【0017】また、上記燃料噴射制御手段による吸気行程での分割噴射の各噴射タイミングを、先の噴射と後の噴射との中間点が吸気行程の中間より早い時期となるように設定しておけば、噴射された燃料のミキシング、拡散が良好に行われる。

【0018】また、この発明の好ましい制御例として、無負荷低回転域において、 $O_2$ センサの出力に応じたフィードバック制御手段によるフィードバック制御、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射及び噴射特性学習手段による学習が行われるときに、上記分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるように吸気行程での分割噴射の制御を行うとともに、この無負荷低回転域での制御時にエンジン回転数の上昇を抑制して低回転を維持する回転数低減手段を設けるようにしてもよい。

【0019】このようにすると、成層リーン運転での最小パルス幅付近についての学習を精度良く行うことができる。すなわち、理論空燃比での $O_2$ フィードバック制御中に吸気行程分割噴射を行って低流量域の学習補正值を求める場合に、アイドル運転時の通常の制御状態では、成層リーン運転の場合と比べて熱効率が悪いので燃料噴射量が多くなるものの、2倍までにはならないので、その燃料噴射量に応じた噴射パルス幅を分割する

と、分割した噴射パルス幅は成層リーン運転時の最小パルス幅より小さくなってしまふ。このような場合に、分割した噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小パルス幅と同程度となるように設定しておくことにより、最小パルス幅付近の学習制御を精度良く行うことができる。

【0020】また、このように噴射パルス幅を調整するとエンジン回転数が上昇する傾向が生じるが、上記回転数低減手段によりこのような傾向が是正される。

【0021】このようにする場合に、無負荷低回転域において、O<sub>2</sub>センサの出力に応じたフィードバック制御手段によるフィードバック制御、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射及び噴射特性学習手段による学習が行われるときに、上記分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるような燃料噴射量に対応した吸入空気量を確保する吸入空気量調整手段を備えていることが好ましい。

【0022】このようにすれば、空燃比を理論空燃比としつつ、分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるような燃料噴射量が得られるように、吸入空気量が設定される。

【0023】上記回転数低減手段は、例えば点火時期をリタードさせるものであればよい。

【0024】また、この発明において、アイドル運転時に吸気流量を調整することによりアイドル回転数を制御するアイドル回転数制御手段を備えているエンジンでは、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習がアイドル運転状態で行われるときに、アイドル回転数制御による吸気流量の変動を制限する吸気流量変動制限手段を有することが好ましい。このようにすると、燃料噴射特性の学習が行われているときに、吸気流量の変動に伴いフィードバック制御量の変動することで学習の精度が低下するといった事態が防止される。

【0025】この吸気流量変動制限手段は、例えば、吸気流量を最大外部負荷印加時の必要流量に固定するとともに、点火時期のコントロールによりアイドル回転数の制御を行うようにすればよく、このようにすれば吸気流量の変動を避けつつアイドル回転数を調整することができる。

【0026】上記吸気流量変動制限手段は、アイドル回転数フィードバック制御において設定する回転数変動の不感帯を、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習が行われているときはそれ以外のときと比べて大きくするようにしたものでもよい。

【0027】また、多気筒エンジンにあっては、フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、燃料噴射制御手段による吸気行程での燃料の分割噴射、及び噴射特性学習手段による学習を1気筒毎に順次行うよう

にすれば、各気筒に設けられているインジェクタの個々の燃料噴射特性を把握して、各インジェクタ毎に学習補正値を求めることが可能となる。

【0028】あるいはまた、多気筒エンジンにおいて、排気マニフォールドの集合部ないしこの集合部の下流にO<sub>2</sub>センサを設け、フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、上記O<sub>2</sub>センサにより、各気筒毎に排気ガスがO<sub>2</sub>センサ設置部を通過する時期に対応する所定タイミングで空燃比を検出し、その空燃比検出信号に応じてそれぞれの気筒に対する燃料噴射量をフィードバック制御するとともに、その各気筒の制御量に基づいて気筒別に学習補正値を求めるようにしてもよい。

【0029】このようにすると、上記O<sub>2</sub>センサにより検出される気筒別の空燃比に応じて、フィードバック制御及び学習制御が気筒別に行われ、各インジェクタ毎に学習補正値を求めることが可能となり、学習の精度が高められる。

【0030】このようにする場合に、フィードバック制御手段によるフィードバック制御中に、全気筒についての制御量の平均値に基づいて学習補正値を求める全体学習を行い、その学習値を各気筒の燃料噴射量の設定に反映させた上で、気筒別の空燃比検出信号に応じたフィードバック制御による各気筒の制御量に基づいて気筒別の学習補正値を求めるようにすることが好ましい。

【0031】このようにすると、全体学習により全気筒の平均的な学習補正値が求められてから、これが反映されつつ行われるO<sub>2</sub>フィードバック制御に基づいて気筒別学習が行われることにより、学習の精度がさらに高められる。

【0032】また、気筒別に学習補正値を求める場合の効果的な手法として、気筒毎に上記所定タイミングでのO<sub>2</sub>センサ出力値を理論空燃比時点のO<sub>2</sub>センサ出力値と比較し、その偏差が大きい気筒から順に学習を行うように気筒別学習の順序を定め、1つの気筒について上記O<sub>2</sub>センサ出力値に応じたフィードバック制御に基づいて学習値を求める処理を、上記順序に従って1気筒ずつ行うようにすれば、気筒別の学習の精度が高められる。

【0033】すなわち、気筒別に所定タイミングでO<sub>2</sub>センサにより空燃比を検出してフィードバック制御及びそれに基づく学習を行う場合に、空燃比検出時点でO<sub>2</sub>センサ設置部に前の気筒の排気ガスが滞留して空燃比検出に影響するが、上記のような順序で学習を行うようにすれば、相対的に前の気筒の排気ガスの影響が小さくなって気筒別の空燃比検出の精度が高められ、それに伴って気筒別のフィードバック制御及びそれに基づく学習の精度が高められることとなる。

【0034】また、同一噴射量域で吸気行程における一括噴射と分割噴射のそれぞれの学習を行うようにしてもよく、このようにすると、それぞれの特性の関係を把握することができる。

## 【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0036】図1は本発明が適用される筒内噴射式エンジンの全体構造を概略的に示したものである。この図において、エンジン本体1は複数の気筒を有し、例えば4気筒2a~2dを有しており（図2参照）、その各気筒には、シリンダボアに挿入されたピストン4の上方に燃焼室5が形成されている。この燃焼室5には吸気ポート7及び排気ポート8が開口し、これらのポート7、8は吸気弁9及び排気弁10によってそれぞれ開閉されるようになっている。

【0037】上記吸気弁9及び排気弁10はカムシャフト11、12等からなる動弁機構により開閉作動されるようになっている。

【0038】上記燃焼室5の中央部には点火プラグ15が配設され、そのプラグ先端が燃焼室5内に臨んでいる。この点火プラグ15は点火コイル16に接続されている。

【0039】また、燃焼室5内には側方からインジェクタ18の先端部が臨み、このインジェクタ18から燃焼室5内に直接燃料が噴射されるようになっている。各気筒のインジェクタ18は燃料回路20のデリバリパイプ21に接続されている。燃料回路20は、上記デリバリパイプ21に接続される燃料供給通路22及びリターン通路23を備え、燃料タンク24と燃料供給通路22との間にタンク内燃料ポンプ25、フィルタ26、27及び高圧燃料ポンプ28が配設される一方、リターン通路23と燃料タンク24との間に高圧側プレッシャレギュレータ29及び低圧側プレッシャレギュレータ30が配設され、かつ、高圧側プレッシャレギュレータ29をバイパスする通路（図示せず）とこの通路を開閉するバイパスバルブ31が設けられている。

【0040】そして、上記バイパスバルブ31の作動によって燃圧の変更が可能となっている。すなわち、高圧燃料ポンプ28が作動している状態で上記バイパスバルブ31が開閉されたときは高圧側プレッシャレギュレータ29の調圧作用で燃圧が所定の高圧に調整され、上記バイパスバルブ31が開かれたときは高圧側プレッシャレギュレータ29が実質的に機能せず低圧側プレッシャレギュレータ30の調圧作用で燃圧が所定の低圧に調整されるようになっている。

【0041】また、エンジン本体1には吸気通路40及び排気通路41が接続されている。上記吸気通路40には、その上流側から順に、エアクリーナ43、エアフローセンサ44、モータ46により駆動されるスロットル弁45及びサージタンク47が設けられている。上記スロットル弁45に対し、その開度を検出するスロットル開度センサ48が設けられている。さらに、スロットル弁45をバイパスするISC通路50が設けられ、この

ISC通路50にはこの通路の空気流量をコントロールするISCバルブ51が設けられている。

【0042】サージタンク47の下流には気筒別の独立吸気通路53が設けられ、各独立吸気通路53が各気筒の吸気ポート7に連通している。各独立吸気通路53にはスワール制御弁54が設けられており、このスワール制御弁54はステップモータ等のアクチュエータ55により駆動されて開閉作動し、その開閉作動により吸気スワールがコントロールされるようになっている。

【0043】一方、上記排気通路41には、排気ガス中の酸素濃度を検出することによって空燃比を検出するO2センサ57が設けられている。当実施形態では上記O2センサ57として、理論空燃比（ $\lambda=1$ ）で出力が反転する所謂 $\lambda O_2$ センサが用いられており、このO2センサ57が排気マニホールド集合部付近に配置されている。さらにこのO2センサ57の下流には、排気ガス浄化用の触媒58が設けられている。

【0044】60はエンジン制御用のコントロールユニット（ECU）である。このECU60には上記エアフローセンサ44、スロットル開度センサ48及びO2センサ57からの各検出信号a、b、cが入力されるとともに、カムシャフト12に連動するディストリビュータ61からエンジン回転数検出等のためのクランク角信号d及び気筒判別信号eが入力され、さらにアクセル開度（アクセルペダル踏込量）を検出するアクセル開度センサ62、吸入空気温度を検出する吸気温度センサ63、エンジン冷却水の温度を検出する水温センサ64等からの検出信号f、g、hも入力されている。

【0045】また、ECU60からは、インジェクタ18に対しインジェクタドライブユニット66を介して燃料噴射を制御する信号jが出力されるとともに、点火コイル16に対して点火時期を制御する信号kが出力され、またスロットル弁駆動用のモータ46に対しスロットルドライブユニット67を介してスロットル開度を制御する信号lが出力され、さらにISCバルブ51を制御する信号m、燃料回路のバイパスバルブ31を制御する信号n等も出力されている。

【0046】図3は上記インジェクタ18の具体的構造の一例を示している。この図に示すインジェクタ18は、先端部に噴射口70a及びバルブシート70bを有するハウジング70とその内部に配置されて噴射口70aを開閉するニードル弁71と、このニードル弁71をストロークさせるプランジャー72と、閉弁保持用のスプリング73と、コイル74とを備えており、インジェクタ18の中心部の中空部分には燃料が導入されている。

【0047】そして、ECU60からの噴射パルス信号によりインジェクタドライブユニット66を介してコイル74への通電が行われ、それに応じ、プランジャー72を介してニードル弁71が作動され、それに伴って噴



射口70aから燃料が噴射されるようになっている。

【0048】図4は上記ECU60の機能的構成を示している。この図のようにECU60は、噴射量・噴射時期演算手段80、噴射パルス出力手段81、フィードバック制御手段82、燃料噴射制御手段83及び噴射特性学習手段84を機能的に含んでいる。

【0049】上記噴射量・噴射時期演算手段80は、運転状態に応じてマップ等から求められる基本噴射量と後記フィードバック補正值及びその他の各種補正值とから燃料噴射量を演算するとともに、運転状態に応じてマップ等から噴射時期を演算する。この場合、低負荷側の所定運転領域（所定負荷以下で、かつ所定回転数以下の運転領域）では、噴射時期が圧縮行程後半に設定されるとともに、空燃比がリーンとされて、成層リーン運転が行われるように、図外のスロットル制御手段等による吸入空気量の制御（スロットル弁の開度を大きくする制御）と併せて燃料噴射量がコントロールされる。また、高負荷側や高回転側の運転領域領域が均一領域とされて、均一領域では噴射時期が吸気行程に設定されるとともに、吸入空気量の制御と併せての燃料噴射量のコントロールにより、均一領域の中で比較的低負荷、低回転側では空燃比をリーン、高負荷、高回転側では理論空燃比とするというような空燃比制御が行われる。

【0050】上記噴射パルス出力手段81は、噴射量・噴射時期演算手段80により演算された燃料噴射量をパルス幅に換算し、そのパルス幅を有する噴射パルスを噴射時期に応じたタイミングで出力し、ドライブユニット51を介してインジェクタ18を駆動する。

【0051】上記フィードバック制御手段82は、所定のフィードバック条件が成立したとき、排気通路に設けられたO2センサ57による空燃比の検出に応じ、空燃比を理論空燃比とするように燃料噴射量をフィードバック制御する。すなわち、O2センサ57の出力に基づきPI制御等により燃料噴射量のフィードバック補正項が求められ、上記噴射量・噴射時期演算手段80においてこのフィードバック補正項と基本噴射量等から燃料噴射量が求められる。このフィードバック制御は、上記均一領域のうちで理論空燃比とされる領域で行われるが、このほかに、エンジン暖機前の半暖機時にも、暖機促進等のため、理論空燃比でフィードバック制御が行われる。

【0052】従って、エンジンの低負荷域においてエンジン温度が第2の設定温度に昇温したエンジン暖機時点から混合気が成層化されて空燃比が理論空燃比よりリーンとされ、第2の設定温度よりも低い第1の設定温度に昇温したエンジン半暖機状態では空燃比が理論空燃比とされるようにインジェクタからの燃料噴射が制御される。

【0053】上記燃料噴射制御手段83は、上記フィードバック制御が行われる特定運転時、例えば上記半暖機時に、燃料噴射を吸気行程で複数回に分割して行わせる

ようにするものである。この燃料噴射の分割は、燃料噴射量から換算された噴射パルス幅の噴射パルスを複数に分割することにより行われるものであり、当実施形態では図5に示すように目標燃料噴射量の1/2ずつの分割比で2つのパルスP1、P2に分割している。

【0054】噴射タイミングとしては同図に示すように、先の噴射（パルスP1）と後の噴射（パルスP2）との中間点が吸気行程途中よりも早い時期となっている。このようにしているのは、吸気行程において吸気流速が速くなる時期に燃料が噴射され、もしくはこの時期に既に噴射された燃料が燃焼室内にある程度拡がっていて、吸気流により充分に燃料のミキシング、拡散が促進されるようにするためである。

【0055】また、上記噴射時期学習手段84は、吸気行程での燃料の分割噴射が行われているときの上記フィードバック補正項（フィードバック制御による制御量）に基づき、分割された燃料噴射の1回分に相当する噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を学習して学習補正値を求めるようにするものである。

【0056】なお、ECU60はさらに、アイドル回転数制御手段85及び吸気流量変動制限手段86を含んでいることが好ましい。上記アイドル回転数制御手段85は、アイドル運転時に吸気流量を調節することによりアイドル回転数を目標値になるように制御するものである。また、吸気流量変動制限手段86は、燃料噴射制御手段83による吸気行程での分割噴射、及び噴射特性学習手段4による学習がアイドル運転状態で行われるときに、アイドル回転数制御による吸気流量の変動を制限するものであり、具体的には後述の図7のフローチャートに示すような処理を行う。

【0057】図4中のaccelはアクセル開度の信号、n\_eはエンジン回転数の信号、Twは水温の信号、afsはエアフローセンサ出力であり、これらの信号は、フィードバック制御や噴射特性の学習を行うべき運転状態の判別、基本噴射量の演算等に用いられる。

【0058】図6は上記ECU60において行われる噴射特性学習のための制御の一例をフローチャートで示している。

【0059】このフローチャートに示す処理がスタートすると、ステップS1で、アクセル開度センサ62によって検出されるアクセル開度、クランク角信号から求められるエンジン回転数、水温センサ64によって検出される水温及びO2センサ57の出力が読み込まれる。続いてステップS2で暖機中か否かが判定され、その判定がYESであればステップS3で理論空燃比（ $\lambda=1$ ）での運転中か否かが判定され、その判定がYESであればステップS4で空燃比フィードバック実行中か否かが判定され、その判定がYESであればステップS5で学習可能か否かが判定される。

【0060】この場合、水温が冷間時よりは高い所定温

度以上で、暖機完了の温度よりは低い半暖機状態にあるときに空燃比フィードバック制御が行われ、さらに、空燃比フィードバック制御中でも吸入空気量が変化している過渡時には正確な学習制御が難しいため定常運転時に学習可能とされる。

【0061】さらに、ステップS6で、分割噴射したときに図12中のB領域に入るような、予め設定した負荷を下まわる低負荷域が否かが判定される。

【0062】上記ステップS2～S6のいずれかで判定がNOとなればそのままリターンされるが、ステップS2～S6の判定がすべてYESとなれば、学習のための処理が行われる。

【0063】学習のための処理としては、先ずステップS7で、分割比50%：50%で吸気行程分割噴射が実行される。つまり、空燃比フィードバック制御中はO2センサ57の出力に応じて空燃比フィードバック補正項(C1b)が演算され、そのフィードバック補正項と基本噴射量等とから燃料噴射量が求められ、この燃料噴射量と変換係数とから噴射パルス幅が求められるが、この噴射パルス幅が上記分割比で2分割され、その2分割された噴射パルスが図5に示すように所定タイミングで出力されることにより、吸気行程分割噴射が実行される。

【0064】次にステップS8で空燃比フィードバック補正項がサンプリングされる。さらにステップS9で、所定サンプリング回数分の空燃比フィードバック補正項(係数)の平均値を求め、これを当該噴射量域(分割された噴射パルスの1つ分に対応する噴射量域)の学習補正值とし、この学習補正值を記憶する処理が行われる。

【0065】以上のような当実施形態の装置によると、図12中に示すようなインジェクタの噴射特性のうちで微小噴射量の特異特性域B内における噴射パルス幅と噴射量との対応関係も正しく把握されて、学習補正值が精度良く求められる。

【0066】すなわち、インジェクタの個体差等による噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係のずれにより噴射パルスの換算に誤差が生じると、その分が上記空燃比フィードバック制御におけるフィードバック補正項に現われるので、フィードバック補正項から上記対応関係のずれに応じた学習補正值を求めることができる。ただし、空燃比フィードバック制御時は理論空燃比とされ、この理論空燃比では成層燃焼によるリーン運転時と比べて熱効率が悪いことから燃料噴射量は微小噴射量の特異特性域Bよりも大きい噴射量域aとなる。

【0067】しかし、上記フローチャートに示す制御では吸気行程で2分割噴射としていることにより、その分割された噴射パルスの1つ分に対応する噴射量は微小な特異特性域B内の噴射量域bとなり、上記ステップS7～S9の処理によりこの噴射量域bでの学習補正值が適正に求められる。

【0068】ところで、上記分割噴射を行う場合、分割

比を例えば70%：30%というように不均等にすることも考えられるが、このようにすると分割噴射の一方と他方とは噴射量域が異なることとなり、特異特性域B内では各噴射量域で対応関係が変わるため、上記フィードバック補正項の平均値を分割比に応じた割り合いで割ったとしても必ずしも正確な学習補正值は求められない。これに対し、当実施形態のように50%：50%で分割すれば、分割された2つのパルスは同じ噴射量域となるので、当該噴射量域の学習補正值が精度良く求められることとなる。

【0069】学習補正が行われた後は、暖機後において低速低負荷域で圧縮行程噴射により成層燃焼が行われる場合の噴射量の制御に反映される。つまり、低速低負荷域で圧縮行程噴射により成層燃焼が行われて空燃比がリーンとされるとき、熱効率が高められるに伴い噴射量が少なくされて上記特異特性域B内の噴射量領域bとなることがあるが、この場合に、アクセル開度、エンジン回転数等に基づいて燃料噴射量を求めた後に噴射パルス幅に換算する際、上記学習補正值が読み出されてこれが加味されることにより、精度良く燃料噴射量の制御が行われることとなる。

【0070】図7は噴射特性学習のための制御の別の例をフローチャートで示しており、この例では、図6のフローチャートに示す処理に加え、図4中の吸気流量変動制限手段としての処理が含まれており、図6のフローチャート中の処理と同じ処理を行うステップは同一符号を付している。

【0071】このフローチャートにおいては、ステップS1のデータ読み込みに続くステップS2～S6の判定がすべてYESとなったときは、さらにステップS101でアイドルリングが否かが判定される。

【0072】アイドルリングであれば、アイドルリング時における外部負荷が最大となる状態を想定してその時の必要流量に見合う程度に、ISCバルブ51の操作量が固定される(ステップS102)。そして、アイドル回転数制御が点火進角のフィードバック制御のみによって行われる(ステップS103)。つまり、外部負荷が最大値より小さくなるとそれに伴ってアイドル回転数が上昇する傾向が生じるが、それに応じて点火時期をリタードすることによりトルクが抑えられてアイドル回転数が目標値に保たれる。

【0073】さらにステップS104で、回転数フィードバックの不感体(回転数変動が許容される範囲)が拡大されるとともに、フィードバックゲインが低下される。

【0074】それから、ステップS7～S9による学習のための処理が行われる。なお、ステップS101でアイドルリングでないと判定されたときは、ステップS102～S104の処理を行うことなく、ステップS7～S9に移る。



【0075】この例によると、半暖機中の空燃比フィードバック制御中でとくにアイドル回転状態にあるとき、アイドル回転数フィードバック制御によって学習の精度が損なわれることが防止される。つまり、通常のアイドル回転数フィードバック制御のようにISCバルブ51のコントロールにより吸入空気量が変わると、空燃比フィードバック補正項が変動し易くなるために上記学習の精度が低下するが、吸入空気量を固定するようにしているので上記学習の精度が高められる。

【0076】そして、アイドル回転数は点火時期の制御でコントロールされる。さらに、外部負荷の変動が大きい場合などに点火時期でコントロールしきれずに多少アイドル回転数が変化しても、不感体の拡大やフィードバックゲインの低下により、吸入空気量はできるだけ変動させずに済むようになっている。

【0077】なお、外部負荷の変動に対し点火時期制御で対応し得る場合、上記ステップS104は省略しても良い。

【0078】図8は噴射特性学習のための制御のさらに別の例をフローチャートで示しており、図6のフローチャート中の処理と同じ処理を行うステップは同一符号を付している。

【0079】このフローチャートにおいては、ステップS1のデータ読み込みが続くステップS2～S6の判定がすべてYESとなったときは、さらにステップS201で、現在の噴射量域の全気筒の平均学習は完了しているかが判定される。この判定がNOの場合は、ステップS7～S9の処理が行われる。この場合、全気筒のインジェクタ18について吸気行程の分割噴射が実行されることにより、ここで求められる学習補正値は全気筒のインジェクタ18の平均学習値となる。

【0080】ステップS201の判定がYESになれば、当該噴射量域で既にステップS7～S9の処理が行われていることを意味し、各気筒のインジェクタ個々についての学習補正が行われる。

【0081】このインジェクタ個々の学習補正としては、先ずステップS202で気筒判別用カウンタNを1としてから、ステップS203でN番目の気筒のインジェクタについて分割比50%：50%で吸気行程分割噴射が実行される。この場合、他の気筒のインジェクタは一括噴射とされる。そして、ステップS204で空燃比フィードバック補正項がサンプリングされる。

【0082】続いてステップS205で、所定サンプリング回数分の空燃比フィードバック補正項の平均値を求め、さらにこれと当該噴射量域の全気筒の平均学習値との偏差を算出する演算処理が行われる。さらにステップS206で、4気筒のうちの1気筒のみ分割噴射を行ったことを考慮して上記偏差に4を掛けた値がN番目の気筒のインジェクタについての学習補正値とされ、これが記憶される。

【0083】それから、カウンタNがインクリメントされ（ステップS207）、Nが気筒数に達したか否かが判定され、気筒数に達するまでステップS202～S208の処理が繰り返されることにより、全気筒のインジェクタの各々について学習が行われる。

【0084】この例によると、多気筒エンジンにおいて各気筒に設けられているインジェクタ12の特性にそれぞれ固体差がある場合でも、各インジェクタについて最少噴射量域での特性に応じた学習補正値が精度良く求められることとなる。

【0085】なお、気筒別に各インジェクタについて学習補正値を求める手法は上記の図8に示す例に限定されず、例えば、排気行程が連続しない気筒同士を同一グループとする複数グループに排気通路を分け、その各グループ毎の排気通路にO2センサを設け、所定タイミングでO2センサの出力を読み込んで気筒別に空燃比の検出及びそれに応じた空燃比フィードバック補正項の演算を行うようにしつつ、上記ステップS7～S8の処理を行うようにしても、気筒別に学習補正値を求めることができる。

【0086】このほかにも本発明の具体例は種々変更可能である。

【0087】例えば、フィードバック制御に基づいて噴射特性の学習を行う場合に、同一噴射量域で一括噴射と分割噴射のそれぞれについて学習を行い、つまり、図12中の噴射量域aと噴射量域bとのそれぞれについて学習を行うようにしてもよい。このようにすると、それぞれの特性の関係を把握することができる。

【0088】図6～図8の各例の処理に、一括噴射での噴射特性の学習を加えた場合の例を、図9～図11に示す。これら図9～図11の例では、一括噴射での学習と分割噴射での学習とをアイドル状態のときには交互に行うようにしている。なお、図6～図8の各例の処理と同じ処理を行う部分については同じステップ符号を付すとともに、流れ図記号内の説明の記載は省略する。

【0089】図9に示す例では、ステップS1に続くステップS2～S6の判定がいずれもYESの場合、ステップS301でアイドル状態か否かが判定され、アイドル状態であれば、ステップS302で前回が一括噴射での学習か否かが判定される。そして、前回が一括噴射での学習の場合はステップS7～S9により分割噴射での噴射特性の学習が行われ、また、前回が分割噴射での学習の場合は、ステップS303～S305により一括噴射での噴射特性の学習が行われる。

【0090】一括噴射での噴射特性の学習としては、吸気行程一括噴射が実行され（ステップS303）、つまりフィードバック補正項と基本噴射量等から求められる燃料噴射量が噴射パルス幅に換算されて、その噴射パルス幅で一括噴射が行われるとともに、空燃比フィードバック補正項がサンプリングされる（ステップS304）。

4)。そして、所定サンプリング回数分の空燃比フィードバック補正項の平均値を求め、これを当該噴射量域の学習補正值とし、この学習補正值を記憶する処理が行われる(ステップS305)。なお、ステップS301でアイドルリングでないことが判定されたときは、一括噴射での噴射特性の学習(ステップS303~S305)が行われる。

【0091】図10に示す例ではステップS1に続くステップS2~S6の判定がいずれもYESの場合、ステップS301でアイドルリングか否かが判定され、アイドルリングであれば、ステップS302で前回が一括噴射での学習か否かが判定される。そして、前回が一括噴射での学習の場合は、ステップS102~S104の処理(アイドル回転数制御における吸気流量の変動の規制)及びステップS7~S9による分割噴射での噴射特性の学習が行われる。ステップS302で前回が分割噴射での学習であると判定された場合や、ステップS301でアイドルリングでないことが判定された場合は、ステップS303~S305により一括噴射での噴射特性の学習が行われる。

【0092】図11に示す例ではステップS1に続くステップS2~S6の判定がいずれもYESで、かつステップS201の判定がNOの場合、ステップS301でアイドルリングか否かが判定され、アイドルリングであれば、ステップS302で前回が一括噴射での学習か否かが判定される。そして、前回が一括噴射での学習の場合は、ステップS7~S9による分割噴射での噴射特性の学習が行われ、ステップS302で前回が分割噴射での学習であると判定された場合や、ステップS301でアイドルリングでないことが判定された場合は、ステップS303~S305により一括噴射での噴射特性の学習が行われる。ステップS201の判定がYESの場合のステップS202~S208の処理は図8の例と同様である。

【0093】本発明のさらに別の実施形態を、図14及び図15~図18に示す。この実施形態において、ECU60は、噴射量・噴射時期設定手段80、噴射パルス出力手段81、フィードバック制御手段82、燃料噴射制御手段83、噴射特性学習手段84、ISC制御手段85及び吸気流量変動制限手段86に加え、基本点火時期演算手段91及び点火時期補正手段92を有している。なお、エンジン及びインジェクタ3の構造は前記実施形態と同様に図1~図3のようになっている。

【0094】そして、この実施形態でも、エンジンの暖機後には低負荷側の所定運転領域で成層リーン運転が行われ、半暖機時には理論空燃比とされてO2センサ57の出力に基づく燃料噴射量のフィードバック制御が行われるとともに、特定運転時に吸気行程分割噴射が行われ、このときのフィードバック補正項に基づき、低流量域における噴射特性についての学習補正值が求められ

る。

【0095】ただし、このような噴射特性の学習の際、アイドル運転域等の無負荷低回転域において、上記分割噴射の1回分の噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるように吸入空気量及びそれに応じた基本燃料噴射量が調整されている。すなわち、アイドル運転域等において上記学習のための吸気行程分割噴射を行うときには、アイドル運転域等での通常時吸入空気量よりも多い所定吸入空気量を保持するようにISC制御手段85によるISCバルブ51の制御量を設定することにより、その吸入空気量に応じた燃料噴射量の1/2に相当するパルス幅が成層リーン運転時の最小噴射パルス幅と略同等となるようにしている。

【0096】また、このようにアイドル運転域等において噴射特性学習のための吸気行程分割噴射を行うときに、上記のような吸入空気量及び燃料噴射量の調整に伴うエンジン回転数の上昇を抑制して低回転を維持するために回転数低減手段を備えている。この回転数低減手段は、例えば上記点火時期補正手段92によって構成され、基本点火時期演算手段91により運転状態に応じて設定される基本点火時期に対し、リカード補正を行なうことにより回転数上昇を抑制し得るようになっている。

【0097】さらに上記点火時期補正手段92は、アイドル運転域で噴射特性学習のための吸気行程分割噴射が行われているときに、アイドル回転数フィードバック制御を点火時期によって行うように、その回転数フィードバック補正量の演算も行うようになっている。

【0098】なお、当実施形態においてはさらに、空燃比のフィードバック制御中に、全気筒についての制御量の平均値に基づいて学習補正值を求める全体学習を行った後、その学習値を各気筒の燃料噴射量の設定に反映させた上で、気筒別学習を行うようになっている。この気筒別学習は、排気マニフォールドの集合部ないしこの集合部の仮に設けられたO2センサにより、各気筒毎に排気ガスがO2センサ設置部を通過する時期に対応する所定タイミングで空燃比を検出し、その空燃比検出信号に応じてそれぞれの気筒に対する燃料噴射量をフィードバック制御するとともに、その各気筒の制御量に基づいて気筒別に学習補正值を求めるものである。

【0099】特に効果的な気筒別制御として、当実施形態では、気筒毎に上記所定タイミングでのO2センサ出力値と理論空燃比時点のO2センサ出力値との偏差が求められ、その偏差が大きい気筒から順に学習を行うように気筒別学習の順序を定め、1つの気筒について上記O2センサ出力値に応じたフィードバック制御に基づいて学習値を求める処理を、上記順序に従って1気筒ずつ行うようにしている。

【0100】上記のような制御を、図15~図18(一連のフローチャート)によって具体的に説明する。

【0101】このフローチャートの処理がスタートする

と、先ずステップS401で各種検出信号等のデータの読み込み(図6中のステップS1と同様)が行われる。続いてステップS402で学習実行可能か否かが判定される。この判定は、図6中のステップS2~S6に相当するものであって、暖機中であること、 $\lambda=1$ の運転中であること、空燃比フィードバック制御実行中であること、定常運転時であること、低負荷域であること等の条件が成立すれば学習実行可能と判定される。

【0102】学習実行可能であれば、ステップS403で、全体学習完了か否かが判定される。

【0103】全体学習が完了していない場合において、ステップS410で全体学習実行可能と判定されたときは、全体学習処理に移行する。

【0104】全体学習処理としては、先ずステップS411で、 $O_2$ センサ57の検出信号に応じた $O_2$ フィードバック補正項の演算が行われる。続いてステップS412で、低流量域(図12中の特異特性領域B)での学習が未完了か否かが判定される。そして、未完了である場合、分節噴射による噴射パルス幅が演算される(ステップS413)。つまり、吸入空気量及びエンジン回転数に基づいて求められる基本噴射量と上記 $O_2$ フィードバック補正項から燃料噴射量が演算され、その燃料噴射量から換算される噴射パルス幅が例えば50%:50%の分割比で2分割される。

【0105】この場合、前述のように、通常は燃料噴射量の1/2に相当する噴射パルス幅が成層リッチ運転時の最小パルス幅より小さくなるようなアイドル運転域等では、分割噴射による噴射パルス幅が成層リッチ運転時の最小パルス幅と同程度となるように吸入空気量及び燃料噴射量が通常時より増加した値に調整される。

【0106】また、アイドル運転域等でこのように吸入空気量及び燃料噴射量が増加された場合に、それに伴う回転数上昇を点火時期のリタードにより抑制すべく、吸入空気量及び燃料噴射量の増加分に応じてIGリタード量が演算される(ステップS414)。

【0107】さらに、アイドル運転時には、吸入空気量が上記のように調整されて固定された状態で、アイドル回転数のフィードバック制御が点火時期で行われるように、IG回転数フィードバック補正量が演算される(ステップS415、S416)。

【0108】そして、上記ステップS413での噴射パルス幅演算に基づき分節噴射が行われつつ $O_2$ フィードバック制御が実行されるとともに、基本点火時期と上記IGリタード量とIG回転数フィードバック補正量とから点火時期が求められて、点火時期制御が実行される(ステップS417)。

【0109】そして、カウントが設定値未満(ステップS418の判定がNO)であれば、噴射量及び $O_2$ フィードバック補正項が演算される(ステップS419)とともにカウント値がインクリメント(ステップS42

0)され、カウント値が設定値以上(ステップS418の判定がYES)になれば、噴射量及び $O_2$ フィードバック補正項の各積算値をカウントで割ることにより、それぞれの平均値が算出される(ステップS421)。

【0110】続いて、噴射量のズレ幅( $O_2$ フィードバック補正項の平均値)が許容範囲内か否かが調べられる(ステップS422)。ここで、噴射量のズレ幅が大きくて許容範囲外となる場合は、空燃比の誤検出があったリインジェクタのひとついくすぶりがあった場合等、学習を適正に行い得ない状況が想定されることから、上記噴射量、 $O_2$ フィードバック補正項及びカウント値が初期化される。

【0111】噴射量のズレ幅が許容範囲内であれば、上記噴射量及び $O_2$ フィードバック補正項の各平均値が学習値としてインジェクタ流量テーブルに記憶され、その後の制御に反映される(ステップS424)。さらに、各領域(図12中の領域A、B)の所定数ポイントで学習が完了したか否かが調べられ、完了していなければリターンして学習のための制御が繰り返される。

【0112】また、上記ステップS412で低流量域での学習完了と判定されると、ステップS426で噴射パルス幅の演算が行われる。この場合、図12中の領域Aでの学習を行うべく、一括噴射の噴射量が演算され、つまり吸入空気量及びエンジン回転数に基づいて求められる基本噴射量と上記 $O_2$ フィードバック補正項とから燃料噴射量が演算され、その燃料噴射量から噴射パルス幅が換算される。そして、上記ステップS415以降の処理に移行することにより、噴射量ズレ幅が許容範囲内にある限り、噴射量及び $O_2$ フィードバック補正項の各平均値が学習値としてインジェクタ流量テーブルに記憶され、その後の制御に反映される。

【0113】このような全体学習が繰り返されて上記ステップS425での判定がYESになると、全体学習完了とされる(ステップS427)。

【0114】また、上記ステップS403で全体学習完了と判定された場合において、ステップS430で気筒別学習実行可能と判定されたときは、気筒別学習処理に移行する。

【0115】この気筒別学習処理を行う場合、先ずステップS431で気筒順序の設定(後記フラグの割付け)が既になされているか否かが判定される。気筒順序の設定がなされていない場合(未設定もしくはフラグがクリアされた場合)は、ステップS432で、上記 $O_2$ センサ57により各気筒毎に上記所定タイミングで気筒別の空燃比検出が行われ、その気筒別の $O_2$ センサ出力値(具体的には $O_2$ センサ57の0Vから1Vまでの中間電圧値)と理論空燃比での $O_2$ センサ出力値(具体的には $O_2$ センサ57のリッチ、リッチ反転の基準電圧値である0.55V)との偏差が求められ、ステップS433で、上記偏差が大きい気筒から順にフラグF(1)へ

F(4)が割り付けられる。

【0116】そして、F(1)のフラグが割り付けられた気筒から学習を行うべく、学習を行う気筒を表すフラグF(N)としてF(1)が選択される。

【0117】続いて低流量域での学習未完了か否かが判定され(ステップS435)、低流量域での学習未完了の場合はステップS436～S452の処理が行われ、低流量域での学習完了の場合はステップS453からステップS439以降の処理に移行し、ステップS452で各領域の所定数ポイントで学習完了と判定されると、気筒別学習完了とされる(ステップS453)。これらの処理は、全体学習のステップS412～S427に準じるが、気筒別に学習を行うように変更されている。

【0118】すなわち、低流量域での学習未完了の場合、ステップS436で、分割噴射による噴射パルス幅が成層リーン運転の最小パルス幅以上となるように吸入空気量が調整される条件下で、吸入空気量及びエンジン回転数に応じた基本噴射パルス幅が分割されて分割噴射による基本噴射パルス幅が演算されるとともに、ステップS437で最終的な噴射パルス幅が演算される。

【0119】この場合、学習を行うF(N)の気筒については、当該気筒に対する所定タイミングでのO<sub>2</sub>センサ出力値に基づくフィードバック補正項が求められて、上記基本噴射パルス幅と全体学習による学習値とフィードバック補正項とから噴射パルス幅が演算され、その他の気筒についてはフィードバック補正が行われず、上記基本噴射パルス幅と全体学習による学習値とから(既に気筒別学習値が求められている気筒にあってはさらにその気筒別学習値も加味されて)、噴射パルス幅が演算される。

【0120】続くステップS438～S448の処理はステップS414～S423と略同様であるが、ステップS443ではF(N)の気筒の噴射量及びフィードバック補正項が演算され、ステップS445でもF(N)の気筒の噴射量及びフィードバック補正項の平均値が算出され、当該気筒の気筒別の学習値とされる。

【0121】そして、インジェクタ流量テーブルに反映されること(ステップS448)で当該気筒の学習が完了すると、ステップS449で、設定された順序に従って次の気筒の学習を行うべくフラグF(N)が更新(N+1をNとするように更新)され、ステップS450でN>4となったか否か、つまり4気筒全ての気筒別学習が完了したか否かが判定され、その判定がNOであれば、リターンされることにより次の気筒について上記のように気筒別学習が繰り返される。

【0122】上記ステップS450の判定がYESとなれば、各気筒に割り付けられていたフラグF(N)がクリアされ(ステップS451)、さらに各領域の所定数点で学習完了か否かが判定され(ステップS452)、その判定がYESであれば気筒別学習完了とされる。

【0123】なお、ステップS435で低流量域での学習完了と判定されると、ステップS453で一括噴射の噴射パルス幅が演算されるが、この場合もステップS437と同様に、学習を行うF(N)の気筒については、上記基本噴射パルス幅と全体学習による学習値と当該気筒に対するフィードバック補正項とから噴射パルス幅が演算され、その他の気筒についてはフィードバック補正が行われず、上記基本噴射パルス幅と全体学習による学習値とから(既に気筒別学習値が求められている気筒にあってはさらにその気筒別学習値も加味されて)、噴射パルス幅が演算される。そして、ステップS439以降の処理に移行する。

【0124】以上のような当実施形態によると、成層リーン運転での最小パルス幅(アイドル時のパルス幅)付近での学習補正値を精度良く求めることができる。

【0125】すなわち、理論空燃比でのO<sub>2</sub>フィードバック制御中に吸気行程分割噴射を行って低流量域の学習補正値を求める場合に、アイドル運転時の通常の制御状態では、成層リーン運転の場合と比べて熱効率が悪いので、その燃料噴射量に応じた噴射パルス幅を分割すると、分割した噴射パルス幅は成層リーン運転時の最小パルス幅より小さくなってしまふ。

【0126】そこで当実施形態では、O<sub>2</sub>フィードバック制御中のアイドル運転時に吸気行程分割噴射を行う場合に、吸入空気量及びそれに応じた基本燃料噴射量を通常のアイドル運転時より多くするように設定しておいて、分割した噴射パルス幅が成層リーン運転時の最小パルス幅と同程度となるように設定しており、これにより最小パルス幅付近の学習制御を精度良く行うことができる。

【0127】そして、このように吸入空気量及び燃料噴射量を通常のアイドル運転時より多くするように設定するだけでは、アイドル回転数が必要以上に上昇することにより、運転者に違和感を与えたり、自動変速機付車両にあってはDレンジでのアイドル時に不必要にクリープ走行を生じたりする不都合があるが、当実施形態ではこのような場合に点火時期がリタードされることにより、吸入空気量及び燃料噴射量の増加によるエンジン回転数の上昇が抑制され、上記のような不都合が避けられる。

【0128】また当実施形態では、全体学習(ステップS411～S427)に加えて気筒別学習(ステップS431～S451)が行われることにより学習の精度が高められ、特に低流量域でも、排気マニフォールド集合部に設けられているO<sub>2</sub>センサ57による空燃比検出に基づいて気筒別のフィードバック制御及び学習を効果的に行うことができる。

【0129】すなわち、気筒別学習を行うときは、上記O<sub>2</sub>センサ57により気筒毎に排気ガスがO<sub>2</sub>センサ設置部を通過する時期に対応する所定タイミングで検出が行

われることにより、空燃比を気筒別に検出することができ、この場合に、排気ガス流量が少ないときは、脈動が十分に生じにくく、特定気筒の空燃比検出時に $O_2$ センサ設置部に前の気筒の排気ガスが滞留してその影響で空燃比の誤差を生じる懸念があるが、アイドル運転域で分割噴射が行われる場合には上記のように吸入空気量及び燃料噴射量が通常時よりも多くなるように設定される(ステップS413、S436)ため、排気ガス流量が増加し、 $O_2$ センサ設置部において空燃比の誤差がより明確になる(空燃比の変化の波形がはっきりする)。これにより気筒別の空燃比制御の精度が高められる。

【0130】さらには、 $O_2$ センサ57の理論空燃比時点の出力値に対して、気筒毎の上記所定タイミングでの $O_2$ センサ出力値が離れている気筒程、先に気筒別学習を行って、その学習値を当該気筒に反映させ、それから次の気筒の学習を行うようにしたので、 $O_2$ センサ設置部に前の気筒の排気ガスが滞留してその影響を受けた空燃比検出になるものの、その影響度合いが小さくなって気筒別の空燃比検出の精度が高められ、それに伴って気筒別のフィードバック制御の精度が高められる。これらによって、さらに、学習の精度が要求される領域である図12中の特異特性領域Bのうちの最小パルス幅付近について気筒別学習を行うときの分割噴射時に、気筒別の空燃比制御の精度が高められる。

【0131】そして、このように気筒別に学習補正値が求められるため、各気筒に設けられているインジェクタ12の特性にそれぞれ個体差がある場合でも、各インジェクタ12について最少噴射量域での特性に応じた学習補正値が精度良く求められることとなる。

【0132】また、全体学習(ステップS411～S427)により全気筒の平均的な学習補正値が求められてから、これが反映されつつ行われる $O_2$ フィードバック制御に基づいて気筒別学習が行われる(ステップS431～S454)ことにより、学習の精度が高められる。

【0133】当実施形態において、気筒別学習を行ってから、さらに全体学習を再度行うようにしても良く、このようにすれば、気筒別学習によって学習補正値の平均値にズレが生じた場合、全体学習による学習補正値が修正されるため、学習の精度がより一層高められる。

【0134】なお、上記各実施形態では燃料噴射制御手段により吸気行程分割噴射を行う場合に2分割としているが、3分割以上としてもよい。

【0135】また、上記 $O_2$ センサ57として入 $O_2$ センサを用い、その出力に応じて理論空燃比でフィードバック制御を行うときに燃料噴射特性の学習を行うようにしているが、 $O_2$ センサ57として空燃比に応じて略リニアに出力が変化するリニア $O_2$ センサを用いてもよく、この場合、理論空燃比以外でもフィードバック制御が可能である。ただし、リニア $O_2$ センサでも、理論空燃比付近で最も精度が高く、理論空燃比から遠ざかるに

つれて精度が低下するので、理論空燃比もしくは略理論空燃比でのフィードバック制御時に燃料噴射特性の学習を行うようにすることが好ましい。

【0136】

【発明の効果】以上のように本発明は、筒内噴射式エンジンにおいて、 $O_2$ センサの出力に応じて理論空燃比もしくは略理論空燃比とするように燃料噴射量のフィードバック制御が行われる特定運転時に、上記インジェクタからの燃料噴射を吸気行程で分割して行わせ、そのときの上記フィードバック制御による制御量に基づき、分割された燃料噴射の1回分に相当する噴射パルス幅と燃料噴射量との対応関係を学習して学習補正値を求めるようにしているため、理論空燃比付近でのフィードバック制御に基づいて学習を行うようにしながら、その時の燃料噴射量と比べて微小な噴射量域での噴射パルスと燃料噴射量との対応関係を正確に把握して、この微小噴射量域での学習補正値を精度良く求めることができる。

【0137】そして、この微小噴射量域での学習補正値を低負荷域での成層燃焼によるリーン運転時の燃料噴射量の制御に有効に反映させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の燃料制御装置を備えたエンジンの一例を示す概略図である。

【図2】エンジン本体及びその付近の概略平面図である。

【図3】インジェクタの断面図である。

【図4】ECUの機能的構成を示すブロック図である。

【図5】吸気行程での分割噴射時の噴射パルスを示す説明図である。

【図6】燃料噴射特性学習のための制御の1例を示すフローチャートである。

【図7】燃料噴射特性学習のための制御の別の例を示すフローチャートである。

【図8】燃料噴射特性学習のための制御のさらに別の例を示すフローチャートである。

【図9】図6に示す制御の変形例を示すフローチャートである。

【図10】図7に示す制御の変形例を示すフローチャートである。

【図11】図8に示す制御の変形例を示すフローチャートである。

【図12】インジェクタの燃料噴射特性を示すグラフである。

【図13】燃料噴射量とインジェクタの個体差との関係を示すグラフである。

【図14】本発明のさらに別の実施形態を示すブロック図である。

【図15】図14に示す制御装置による制御の具体例を示すフローチャートの一部である。

【図16】図15のフローチャートに続く部分である。

【図17】図15のフローチャートに続く別の部分である。

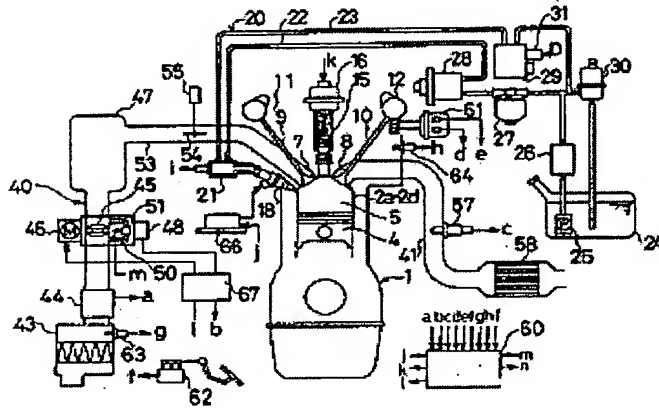
【図18】図15～図17と一連のフローチャートの残りの部分である。

【符号の説明】

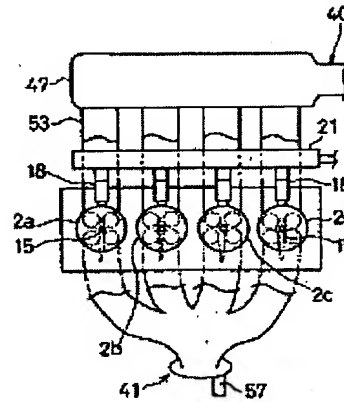
1 エンジン本体  
2a～2d 気筒  
5 燃焼室

15 点火プラグ  
18 インジェクタ  
51 ISCバルブ  
60 コントロールユニット  
82 フィードバック制御手段  
83 燃料噴射制御手段  
84 噴射特性学習手段

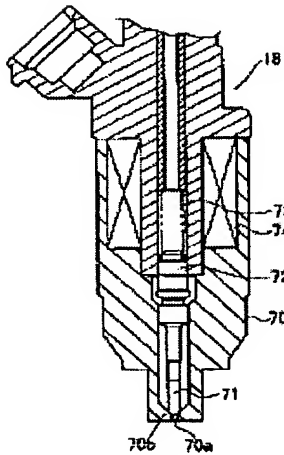
【図1】



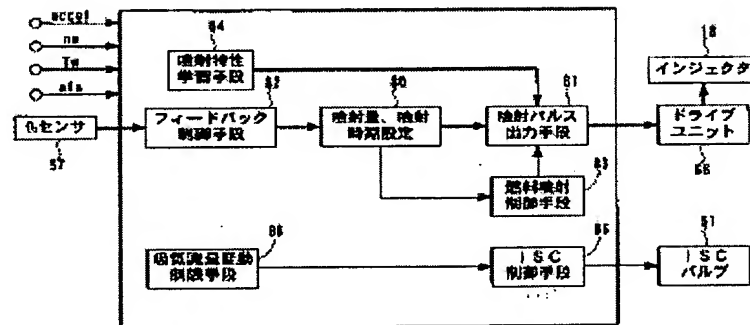
【図2】



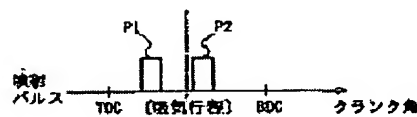
【図3】



【図4】

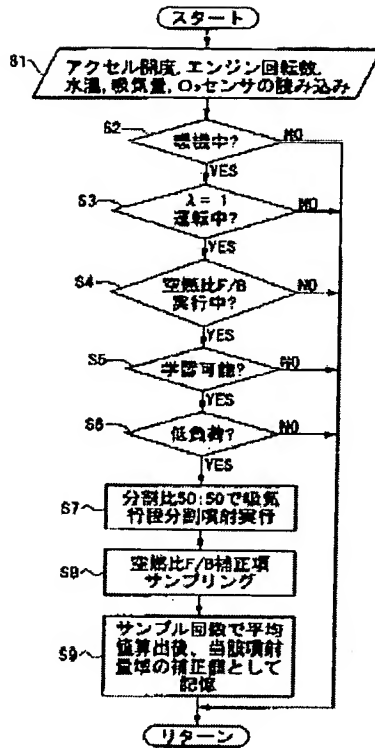


【図5】

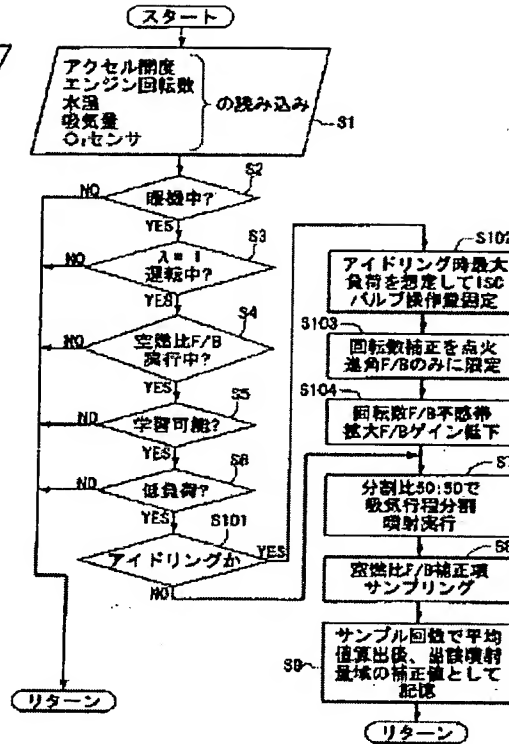




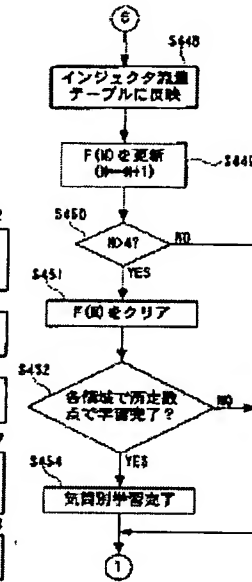
【図6】



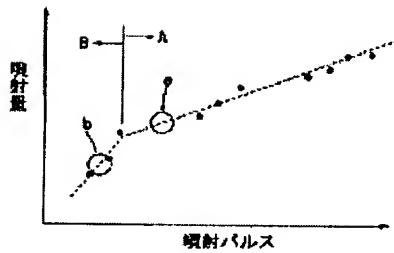
【図7】



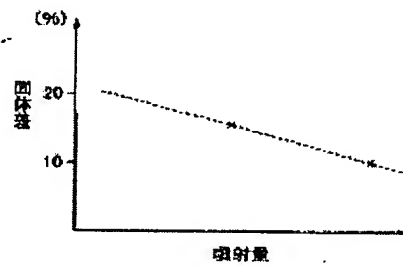
【図18】



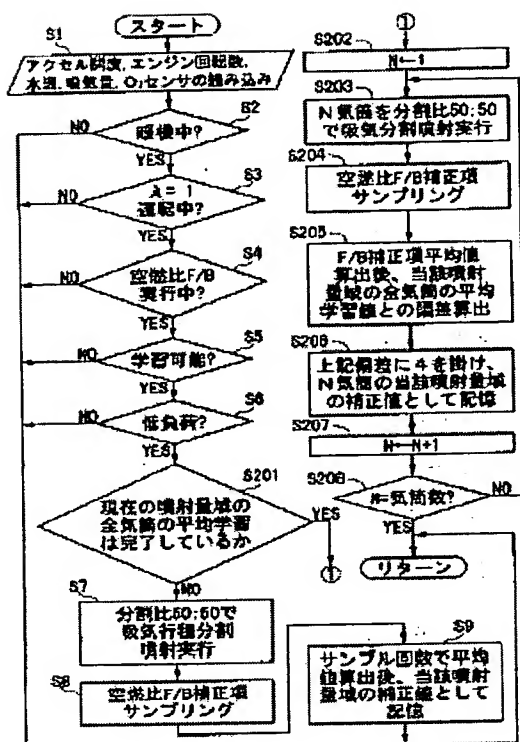
【図12】



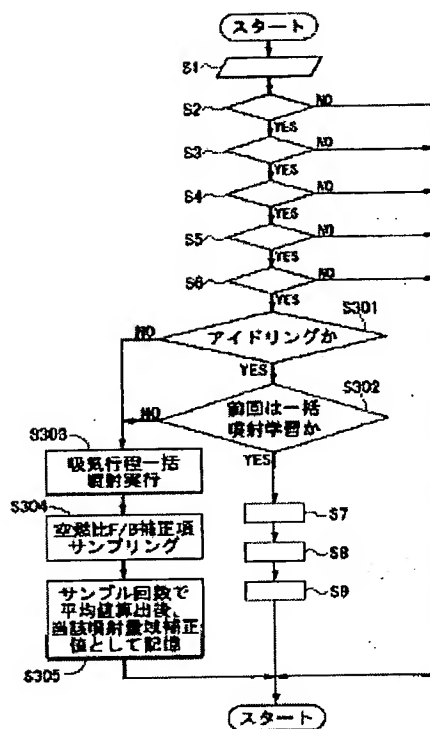
【図13】



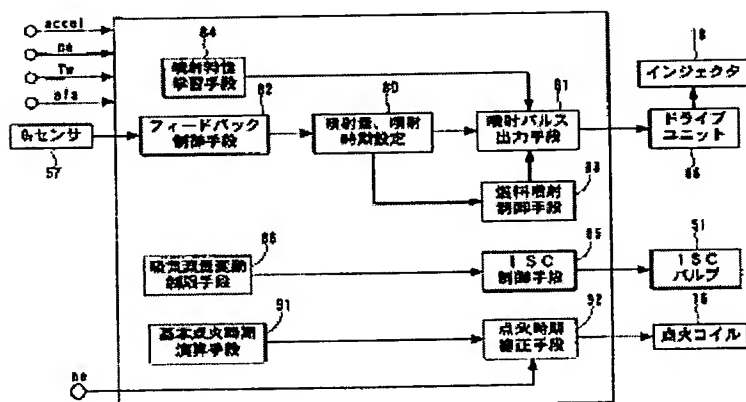
【图8】



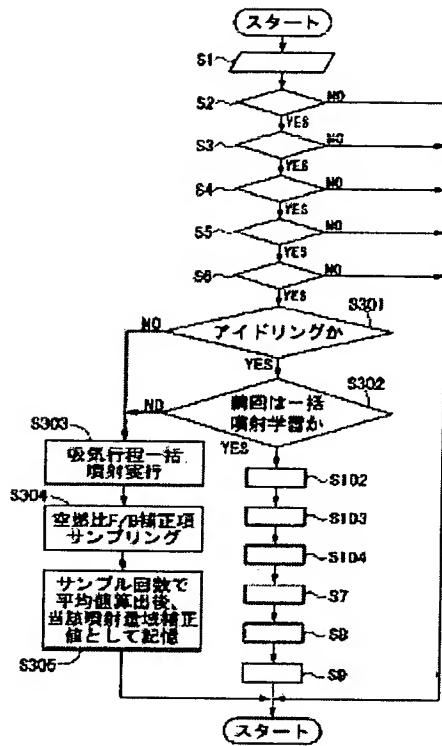
【 249 】



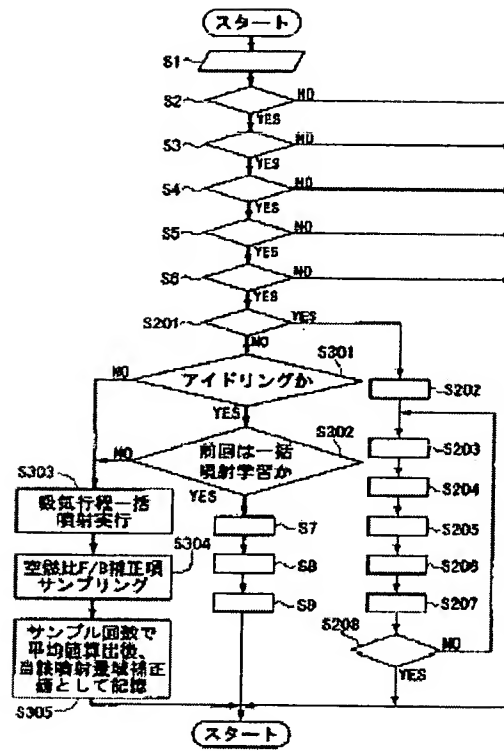
【图14】



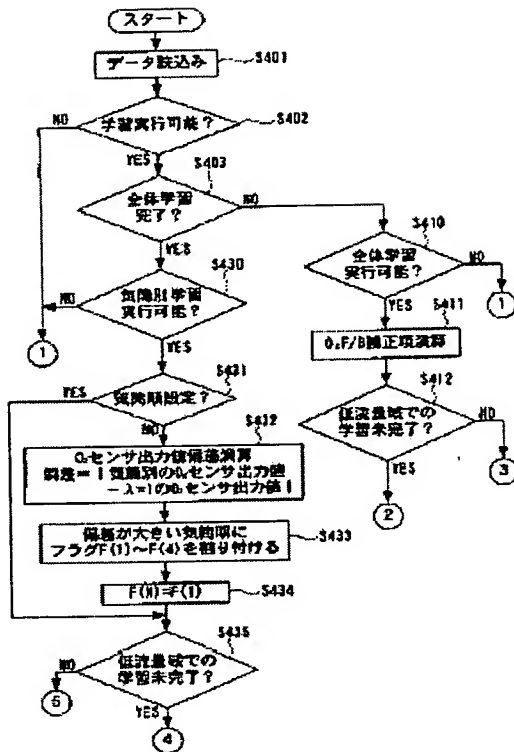
【図10】



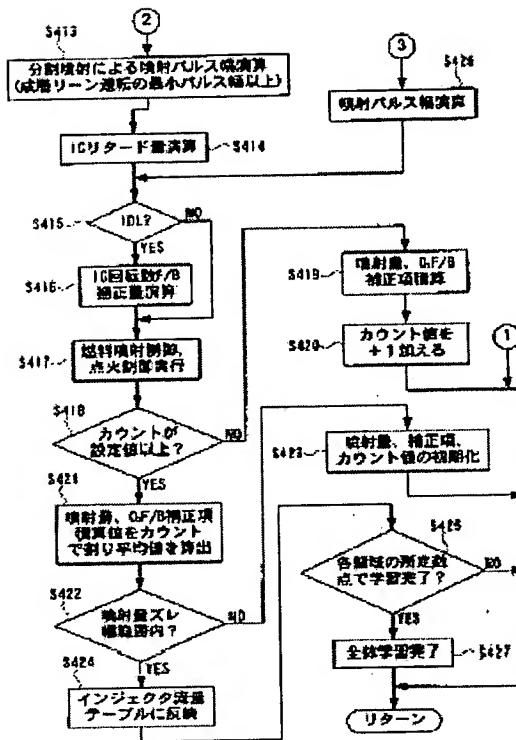
【図11】



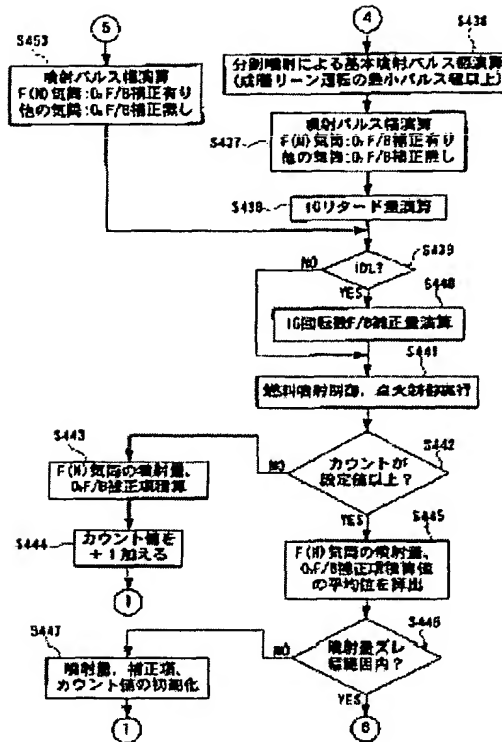
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 織野 雅之  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
 株式会社内

